УДК 621.791.2

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НЕПРЕРЫВНОЙ ПОДАЧИ ПРОВОЛОКИ В ИМПУЛЬСНУЮ ДЛЯ СВАРКИ В CO_2

О.Г. Брунов

Юргинский филиал Томского политехнического университета
E-mail: yftpu@mail.ru

На базе штатного механизма с непрерывной подачей проволоки предлагается получить механизм импульсной подачи проволоки путем введения в сварочный держатель преобразователя. Рассмотрены проблемы, возникающие при установке преобразователя, приведены практические рекомендации и формулы расчета.

Сварка в углекислом газе – дуговая сварка, осуществляемая с использованием плавящегося электрода и внешней защиты сварочной ванны от воздействия внешней среды углекислым газом [1].

Один из основных недостатков сварки в среде углекислого газа – повышенное разбрызгивание электродного металла. Разбрызгивание сопровождается увеличением расхода электродной проволоки и газа, снижением производительности труда и повышением трудоемкости процесса, а, следовательно, повышением себестоимости сварных конструкций. При этом происходит забрызгивание деталей, что приводит к дополнительным трудозатратам на зачистку изделия в объеме 20...40 % от общей трудоемкости сварочных операций [2]. Забрызгивание деталей сварочных горелок приводит к их перегреву, а налипание брызг на мундштук и сопло горелки ухудшает защиту зоны сварки от воздействия внешней среды, что приводит к образованию пор сварного шва.

Борьба с разбрызгиванием ведется в нескольких направлениях, одним из которых является управляемый перенос электродного металла. Перенос металла при дуговой сварке – процесс перехода расплавленного металла в сварочную ванну [1].

Если считать управляемым переносом – перенос капли с заданными параметрами (размер, временя и скорость), то данному процессу удовлетворяет сварка с импульсной подачей сварочной проволоки в среде защитных газов.

Сварка с импульсной подачей сварочной проволоки в углекислом газе имеет такие достоинства, как меньшее разбрызгивание электродного металла, лучшее формирование сварного шва и уменьшение выгорания легирующих элементов [3–5].

При такой сварке снижение разбрызгивания происходит за счет уменьшения размера капель электродного металла при дискретной подаче электродной проволоки, создающей принудительный перенос капель расплавленного металла в сварочную ванну [6]. При импульсной подаче сварочной проволоки для переноса капли используется энергия, накопленная во время движения проволоки и отдаваемая капле во время торможения. Поэтому сварка с импульсной подачей сварочной проволоки осуществляет мелкокапельный перенос электродного металла. Процесс сварки с импульсной подачей сварочной проволоки, по сравнению с непрерывной, имеет следующие преимущества:

1) процесс сварки позволяет задать размер капли переносимого металла – шагом подачи сварочной проволоки λ и количество перенесенного электродного металла в единицу времени (как показывают исследования $f\cdot\lambda=N$, где f – частота подачи импульсов проволоки, N – количество перенесенного электродного металла);
2) за счет управления времени начала перемещения капли в сварочную ванну, стабилизируется ее размер;

3) только при импульсной подаче сварочной проволоки регулируется скорость касания капли с жидкой сварочной ванной.

Для сварки с импульсной подачей необходим подающий механизм с заданным алгоритмом движения проволоки, а отсутствие их промышленного выпуска значительно ограничивает распространение данного вида сварки при изготовлении металлоконструкций. В связи с этим большой интерес представляют механизмы, преобразующие непрерывную подачу сварочной проволоки в импульсную. Т.е., используется штатный механизм подачи сварочной проволоки, на рукоятке сварочного держателя которого, устанавливается преобразователь (рис. 1). Т.к. преобразование происходит практически на выходе из сварочного держателя, то между импульсным механизмом и сварочной дугой остается один гусак, следовательно, эти механизмы имеют те же достоинства, что и механизмы тянущего типа, которые имеют ряд преимуществ перед толкающими [7].

Для определения параметров импульса движения проволоки рассмотрим ее движение в сварочном держателе до преобразователя под действием штатного подающего механизма толкающего типа. Для этого представим проволоку, как деформируемый стержень в оболочке [8]. В этом случае можно считать, что во время накопления энергии (во время паузы) происходит сближение концов этого стержня, так как в эго время преобразователь не пропускает сварочную проволоку. Тогда принимая, шаг подачи за изменение длины стержня получаем

$$\lambda = \upsilon t,\ \text{м}, \tag{1}$$

где υ – скорость подачи проволоки, м/с; t – время накопления энергии, с.

Известно так же [8], что

$$\frac{PL}{ES} = \lambda - \frac{m^2\pi^2(f_1^2 - f_0^2)}{4L}, \tag{2}$$

где P – усилие подачи проволоки, Н; L – длина канала, м; E – модуль Юнга, Па; S – площадь сечения проволоки, м^2; m – число полуволн в канале; f_1 – максимальный прогиб проволоки, м; f_0 – начальный прогиб проволоки, м. Учитывая внутренний диаметр сварочного канала, определяем максимальную энергию, которую может накопить проволока за время паузы. Установив граничные условия $m=n$, где n – целое число и введя коэффициент $k=8{,}9\cdot10^{-14}$, который учитывает изгиб сварочного держателя, $f_0=0$, $f_1=d_к-d_{пр}$, где $d_к$ – внутренний диаметр канала сварочного шланга, $d_{пр}$ – диаметр сварочной проволоки, получаем

$$W = kES(\lambda - \frac{\pi^2 m^2 f_1^2}{4L}),\ \text{Дж}. \tag{3}$$

В зависимости от длины сварочного шланга проводится расчет количества полуволн, которые накапливаются в сварочном шланге. Зная шаг подачи и длину сварочного шланга, число полуволн определится, как

$$n = \frac{2}{\pi f}\sqrt{\lambda - k\frac{PL}{ES}}. \tag{4}$$

Канал сварочного шланга, внутренний диаметр которого больше диаметра проволоки и имеет изгиб относительно проволоки, является демпфером. Следовательно, изгиб канала изменит скорость накопления энергии проволоки, поэтому изменение изгиба изменит частоту следования импульсов подачи, но шаг подачи и скорость движения капли электродного металла останутся в заданных пределах.

Принцип работы преобразователя основан на волновом движении проволоки по каналу сварочного держателя. Вследствие того, что диаметр проволоки меньше внутреннего диаметра спирали сварочного держателя, проволока накапливается в канале в виде волн, которые создают давление в преобразователе – 4. Когда давление достигнет заданного значения, преобразователь – 4 пропускает проволоку заданного шага через контактный наконечник в зону дуги.

Такое решение, один из вариантов которого показан на рис. 2, позволяет связать частоту подачи импульсов со скоростью подачи проволоки штатным подающим механизмом – 2. Принцип работы этого механизма заключается в том, что при создании усилия, превышающего усилие пружины – 5, ролик – 7 проворачивается на шаг, равный расстоянию между зубцами этого ролика, после чего он опять заклинивается до достижения заданного усилия. В зависимости от заданного усилия меняется ускорение движения проволоки во время импульса

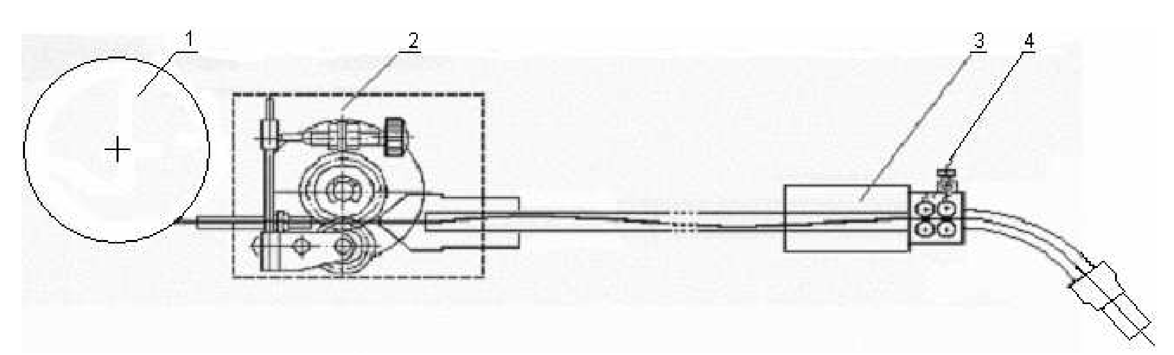


Рис. 1. *Штатный подающий механизм с преобразователем постоянного движения проволоки в импульсное: 1) катушка с проволокой; 2) штатный подающий механизм; 3) ручка держателя; 4) преобразователь движения*

$a=\sqrt{2F/m}$, где F – усилие, создаваемое проволокой; m – масса отрезка проволоки между подающим механизмом и преобразователем.

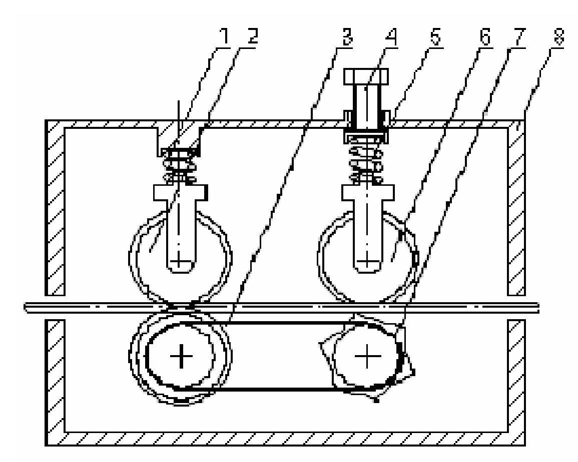


Рис. 2. *Преобразователь движения: 1) пружина; 2) вспомогательный ролик; 3) задающий ролик; 4) регулирующий винт; регулирующая пружина; 6) регулирующий ролик; 7) управляющий ролик; 8) корпус*

Но при всех достоинствах данных механизмов необходимо не допустить заминание проволоки между подающими роликами и мундштуком сварочного держателя во время паузы в подаче проволоки. Для расчета допустимого расстояния воспользуемся формулой Эйлера для определения критической силы, превышение которой приводит к необратимым деформациям [8]:

$$F_{кр} = \frac{\pi^2 E J_{\min}}{l^2}, \qquad (6)$$

где J – момент инерции поперечного сечения, $J=\pi \cdot d_э^4/64$; l – расстояние между точкой касания роликами и мундштуком сварочного держателя. Экспериментальные исследования показывают, что для проволоки св-08Г2С $F_{кр}$=160 МПа, подставляя это значение в выражение (6) получаем зависимость между диаметром проволоки d и максимальным расстоянием l.

$$l = \sqrt{\frac{\pi^3 10^4}{512 d^2}}, \text{ мм}, \qquad (7)$$

где d – [0,8; 1,0; 1,2; 1,6], мм. Полученные данные сведены в таблицу.

Таблица. *Зависимость расстояния между мундштуком и подающими роликами*

d, мм	0, 8	1,0	1,2	1,6
l, мм	4,9	7,7	11,2	19,9

Выводы

1. Применение преобразователя движения в составе штатного механизма подачи позволяет расширить применение сварки с импульсной подачей сварочной проволоки в CO_2 в машиностроении, что повысит экономичность и качество сварных швов.
2. Предложенные рекомендации по расчету установочных размеров позволяют избежать заминание проволоки в подающем механизме не только в механизмах с применением преобразователя, но и в других подающих механизмах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Словарь-справочник по сварке. Под редакцией К.К. Хренова. – Киев: Наукова думка, 1974. – 195 с.
2. Федько В.Т. Теория, технология и средства снижения набрызгивания и трудоемкости при сварке в углекислом газе. – Томск: Изд-во ТПУ, 1998. – 432 с.
3. Федько В.Т., Брунов О.Г. Управление процессом сварки при импульсной подаче электродной проволоки // Технология металлов. – 2000. – № 8. – С. 27–30.
4. Патон Б.Е., Воропай Н.М., Бучинский В.Н. и др. Управление процессом дуговой сварки путем программирования скорости подачи электродной проволоки // Автоматическая сварка. – 1977. – № 1. – С. 1–5.
5. Брунов О.Г., Федько В.Т. Методика расчета теплового воздействия дуги на каплю электродного металла при сварке в CO_2 // Технология металлов. – 2002. – № 7 – С. 21–24.
6. Меркулов Б.А. Способы модулирования сварочного тока периодической подачей электродной проволоки // Сварочное производство. – 1985. – № 3. – С. 4–6.
7. Брунов О.Г., Федько В.Т., Слистин А.П. Разновидности способов импульсной подачи сварочной проволоки для сварки плавящимся электродом в CO_2 // Сварочное производство. – 2002. – № 11. – С. 5–8.
8. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем. – М.: Наука, 1967. – 984 с.